

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial



PROYECTO FIN DE CARRERA

ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD DE LA COLUMNA DE PURIFICACIÓN T-200 DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE METANOL DE 365000 Tn/año

Titulación: I.T.I Esp. Química Industrial

Alumna: Sandra Guillén Aragón

Director: Francisco José Hernández
Fernández

Cartagena, Septiembre 2013

INDICE GENERAL

DOCUMENTO I. MEMORIA DESCRIPTIVA

DOCUMENTO II. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Anexo I. Balance de materia

Anexo II. Cálculo de las propiedades

Anexo III. Tablas para el diseño de condensadores y vaporizadores

Anexo IV. Tablas para el cálculo de longitud y altura de rebosadero para
equipos T-100 y T-200

Anexo V. Estudio de la sensibilidad de la columna de purificación T-200

Anexo VI. Tablas para el cálculo del coste básico de los equipos

Anexo VII. Patente

DOCUMENTO III. PRESUPUESTO

DOCUMENTO IV. PLANOS

DOCUMENTO I
MEMORIA DESCRIPTIVA

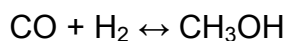
ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETO DEL PROYECTO	2
2. TITULAR DE LA INDUSTRIA	2
3. EMPLAZAMIENTO DE LA INDUSTRIA.....	2
4. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE	3
5. JUSTIFICACIÓN	5
6. PROCESO INDUSTRIAL	11
7. ESTUDIO DE MERCADO.....	13
7.1. PRINCIPALES USOS.....	13
7.2. USOS FUTUROS	15
7.3. PRODUCCIÓN	16
8. SEGURIDAD	17
8.1. CONTROLES EN INGENIERÍA.....	17
8.2. VENTILACIÓN.....	18
8.3. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI'S)	18
8.4. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD	20
8.4.1. Operaciones rutinarias.....	20
8.4.2. Operaciones especiales o de alto riesgo	21
8.5. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS.....	22
9. BIBLIOGRAFÍA	24

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño para la sección de reacción de una planta de producción de 365000 Tn/año de metanol grado A con un 99.85% en peso de pureza (mínimo) mediante la reacción entre el monóxido de carbono y el hidrógeno.



A partir de esto, haremos un estudio de la sensibilidad de la columna T-200 ante variaciones de temperatura, caudal y relación de reflujo.

2. TITULAR DE LA INDUSTRIA

El Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cartagena con sede en C/ Doctor Fleming S/N 30202 (Cartagena) es el titular de la industria proyectada.

3. EMPLAZAMIENTO DE LA INDUSTRIA

El emplazamiento de la instalación tiene lugar en el polígono industrial de Los Camachos (Cartagena), Calle Bronce, parcela B5, Cartagena, Murcia (España).

Dicha parcela posee 2800 m² (70×40 m) y está anexa a una planta de reformado de gas natural que proporciona el gas de síntesis.

4. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLE

- REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (Parte I).
- Resolución 14 de febrero de 1980.- Diámetros y espesores mínimos de tubos de cobre para instalaciones interiores de suministro de agua.
- REAL DECRETO 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- REAL DECRETO 942/2005, de 29 de julio, por el que se modifican determinadas disposiciones en materia de hidrocarburos.
- LEY 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmosfera.
- LEY 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- REAL DECRETO 60/2005, de 21 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, por el que se aprueba el Plan nacional de asignación de derechos de emisión, 2005-2007.
- REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamientos de productos químicos y sus

instrucciones técnicas complementarias MIEAPQ-1, MIEAPQ-2, MIEAPQ-3, MIEAPQ-4, MIEAPQ-5, MIEAPQ-6 y MIEAPQ-7.

- ORDEN de 16 de abril de 1998 sobre normas de procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo.
- REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- ORDEN de 10 de marzo de 1998, por la que se modifica la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-5 del Reglamento de Aparatos a Presión sobre extintores de incendios.
- ORDEN de 11 de octubre de 1988, por la que se aprueba la Instrucción Técnica complementaria MIE-AP-13 del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a intercambiadores de calor de placas.
- LEY 31/95, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales (incluye las modificaciones realizadas por la LEY 54/03 de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales).
- REAL DECRETO 485/97, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- Ley del suelo de la Comunidad Autónoma de Murcia

- Plan General de Ordenamiento Urbano.

5. JUSTIFICACIÓN

El metanol es un líquido incoloro a temperatura ambiente con un suave olor característico de alcohol. Originalmente fue llamado alcohol de madera ya que se obtenía de la destilación destructiva de la madera, hoy al alcohol comercial a veces se le conoce como metanol sintético porque es fabricado a partir del gas de síntesis, una mezcla de hidrógeno y óxidos de carbono, generado por una variedad de fuentes.

El metanol se ha usado tradicionalmente como disolvente y como materia prima para productos químicos orgánicos (principalmente formaldehído), con un modesto crecimiento potencial.

Las propiedades físicas más importantes del metanol se indican en la tabla 1. El metanol es soluble en agua, otros alcoholes, ésteres, cetonas, éteres, y la mayoría de disolventes orgánicos. El metanol tiene una especial afinidad por el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno. Siendo polar en la naturaleza, el metanol a menudo exhibe un comportamiento no ideal con hidrocarburos, formando azeótropos con muchos compuestos. El metanol reduce la temperatura de la formación de hidratos de gas natural, conduciendo a su uso como anticongelante en tuberías.

Punto de ebullición	64.70 ° C	Temperatura fusión	464 ° C
Temperatura crítica	239.43 ° C	Punto de inflamación	11 ° C
Presión crítica	8096 kPa	Tensión superficial (a 25 °C)	22.1 mN/m
Volumen crítico	118 mL/mol	Calor específico vapor (a 25 °C)	1.370 J/(g·K)
Factor compresibilidad	0.224	Calor específico líquido (a 25°C)	2.533 J/(g·K)
Calor de formación (a 25 ° C)	-239.03 kJ/mol	Presión de vapor (a 25 °C)	16.96 kPa
Energía libre formación (a 25 ° C)	-166.81 kJ/mol	Solubilidad en agua	miscible
Calor de formación (a 25 ° C)	103 J/g	Densidad (a 25 °C)	0.7866 g/ml
Calor de vaporización En el punto de ebullición	1129 J/g	Índice de refracción	1.3284
Calor de combustión (a 25 ° C)	22.662 J/g	Viscosidad (a 25 °C)	0.541 mPa
Constante dieléctrica (a 25 ° C)	32.7	Conductividad térmica	0.202 W/(m·K)

Tabla 1.1.- Propiedades físicas del metanol

La producción de metanol sintético comenzó en 1923 en la BASF (Alemania) utilizando un catalizador de $\text{ZnO-Cr}_2\text{O}_3$. Este catalizador requiere que la operación se llevara a cabo a alta presión (250-350 atm) y 320-450 ° C. La alta presión de síntesis obligó al uso de compresores y limitó el tamaño de planta aproximadamente a 450 t/d. El proceso de alta presión quedó obsoleto a mediados de los años 60 cuando ICI (Reino Unido) desarrollaron un catalizador más activo de CuO-ZnO que podía operar a 50-100 atm y 210-270 ° C con una mayor selectividad y estabilidad. Hoy día el proceso a alta presión está obsoleto. Lurgi desarrolló un catalizador similar y demostró su propio proceso en Alemania a principio de los años 70 con un reactor tubular de vapor. Los resultados del proceso a baja presión revolucionaron la industria permitiendo una mayor eficiencia energética de las plantas que se construyen con un solo tren con una capacidad de más de 2200 t/d utilizando compresores centrífugos.

El consumo de energía (poder calorífico de la materia prima más el combustible) del proceso de baja presión ha ido mejorándose sucesivamente hasta alcanzar más de 38.3 GJ/t mientras que a mediados de 1990 rondaba valores comprendidos entre 29.0-30.3 GJ/t. Las plantas de gas natural han avanzado hasta el punto donde el margen de ganancias es pequeño.

- Materia prima

La alimentación utilizada en la fabricación del metanol es el gas de síntesis procedente de una unidad de reformado con vapor que se le ajusta la proporción CO/H₂ con un exceso de hidrógeno para desplazar el equilibrio de producción de metanol.

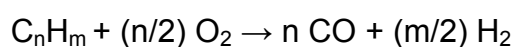
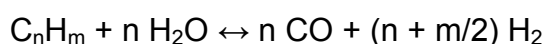
Componente	% Molar
CO	15
Hidrógeno	73
Metano	9
CO ₂	3

Tabla 1.2.- Composición en la alimentación

Condiciones en el límite de batería: 530 K y 20 atm

- Gas de síntesis

Cualquier hidrocarburo que pueda ser convertido en un gas de síntesis ya sea por reformado con vapor (ecuación 4) o gasificación con oxígeno (ecuación 5), puede ser usado como materia prima para el metanol.



Estas reacciones muestran que la estequiometría del gas de síntesis depende tanto de la naturaleza de la materia prima así como del proceso de generación. La ecuación 4 y la ecuación 5 junto con la ecuación 3 sirven para determinar la composición de equilibrio del gas de síntesis.

- Especificaciones

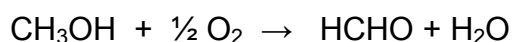
Las especificaciones federales O-M-232, desarrolladas por la administración general de servicios para la compra gubernamental de metanol, se convirtió en un estándar ampliamente aceptado. Estas especificaciones fijan los requisitos de metanol grado A, destinado al uso como disolventes, y de Grado AA, destinados al uso en síntesis, generación de hidrógeno o dióxido de carbono. Difieren en el contenido permitido de acetona, etanol y agua.

Parámetros	Grado A	Grado AA	Unidades
Pureza	99.85	99.85	% p/p
Densidad relativa ^a	0.7928	0.7928	-
Rango de destilación	1.0 (64.6 ± 0.1)	1.0 (64.6 ± 0.1)	°C
Color	5	5	Pt-Co
Olor	Característico	Característico	-
Impurezas carbonizables	30	30	Pt-Co
Apariencia	Claro, sin sedimento	Claro, sin sedimento	-
Contenido no volátil	máx 1	Máx 1	(mg/ 100 ml)
Índice KMnO ₄	30	30	min
Acetona		0.002	ppm
Etanol	-	0.001	ppm
Acidez	0.003	0.003	ppm
Agua	0.15	0.10	ppm

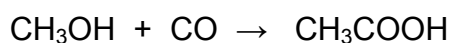
^a a 20°C, a menos que se indique lo contrario

- Reacciones Químicas

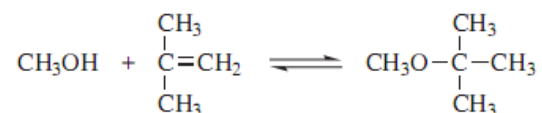
El metanol sufre las reacciones químicas típicas de los alcoholes. La deshidrogenación y deshidrogenación oxidativa a formaldehído usando catalizadores de plata o de óxido de molibdeno son de gran importancia industrial.



El ácido acético es producido directamente a partir del metanol con la adición de monóxido de carbono en presencia de un catalizador de rodio o cobalto.



MTBE se genera a partir del metanol e isobutileno en fase líquida utilizando un catalizador ácido.

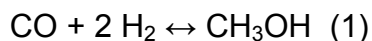


El metanol puede ser deshidratado con un catalizador ácido para dar dimetil éter y agua.

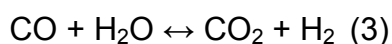


- Termodinámica y Cinética

Las reacciones de síntesis son las siguientes:



Restando la reacción 2 a la reacción 1 se obtiene (ecuación 3):



Como las reacciones de síntesis son exotérmicas con una disminución neta en volumen molar, las conversiones de los óxidos de carbón a metanol a través de las reacciones 1 y 2 se ven favorecidas por la alta presión y baja temperatura, como se muestra para la composición del gas natural reformado en la figura 1.1.

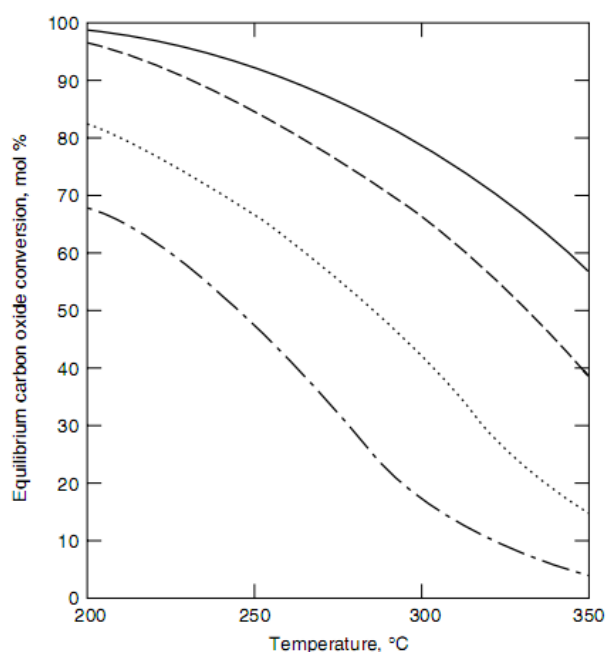


Figura 1.1

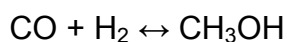
El mecanismo de síntesis de metanol con catalizador cobre-zinc-aluminio se empezó a realizar en 1990. Para una mezcla H_2 -CO pura, el monóxido de carbono es absorbido en la superficie de cobre donde el metanol es hidrogenado.

Cuando el CO_2 se añade a la mezcla de reacción, la superficie de cobre empieza a cubrirse parcialmente por el oxígeno adsorbido por la reacción $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \text{O} (\text{ads})$. Esto causa un cambio del mecanismo donde CO reacciona con el oxígeno adsorbido para formar CO_2 , el cual constituye la fuente principal de carbón para el metanol.

El componente de óxido de zinc del catalizador sirve para mantener la actividad y la superficie de los sitios de cobre y además ayuda a reducir los productos finales ligeros de formación. La selectividad es mejor del 99% con las típicas impurezas de éteres, ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes superiores y ceras. La porción de alúmina del catalizador se usa principalmente como soporte. La selectividad es principalmente una función de la temperatura. La cantidad de subproductos tiende a aumentar así como la temperatura de operación se aumenta para compensar la disminución de la actividad del catalizador. La formación de subproductos se ve influenciada por las impurezas del catalizador.

6. PROCESO INDUSTRIAL

El proceso industrial de la instalación proyectada tiene como fin la obtención de 365000 Tn/año de metanol grado A con un 99.85% en peso de pureza mediante la reacción entre el monóxido de carbono y el hidrógeno.



Dicho proceso forma parte de una corriente de alimentación acondicionada a 530 K y 20 atm con una composición como la indicada en la tabla 1.2

El diagrama de bloques del proceso se muestra en la figura 1.2:

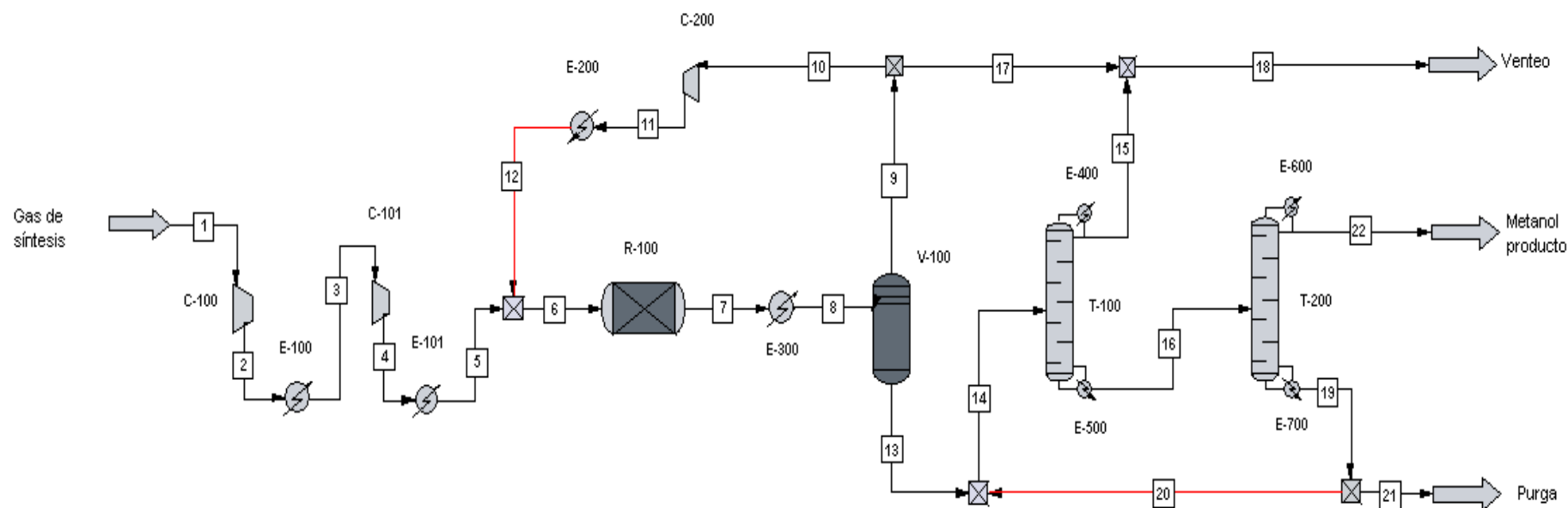


Figura 1.2.- Diagrama de flujo del proceso

Por lo tanto, la planta de fabricación de metanol consta de los siguientes equipos:

- Compresor C-100
- Intercambiador E-100
- Compresor C-101
- Intercambiador E-101
- Intercambiador E-200
- Compresor C-200
- Reactor R-100
- Intercambiador E-300
- Destilador Flash V-100
- Torre destilación T-100
- Intercambiador E-400
- Intercambiador E-500
- Torre destilación T-200
- Intercambiador E-600
- Intercambiador E-700

7. ESTUDIO DE MERCADO

7.1. PRINCIPALES USOS

En 2002, el desglose de la utilización total de metanol fue el siguiente. MTBE, 37%; formaldehído, 23%; ácido acético, 12%; clorometano, 6%; metacrilato de metilo, 3%; metilamina, 2%; dimetil tereftalato, 2%; Varios, incluyendo anticongelantes y combustibles, 15%.

A largo plazo, el metanol puede convertirse en una fuente de hidrógeno para pilas de combustible utilizadas en el transporte, generación de energía estacionaria, y aplicaciones de energía portátil. Muchas de las últimas patentes de EE.UU. y las aplicaciones de patentes implican células de combustible de metanol. Algunas de las tecnologías patentadas para las células de metanol son: las estructuras de ánodo; catalizadores; las ensamblajes de células de membrana, y sensores de optimización de la concentración de metanol en una celda.

Como usos principales podemos destacar los siguientes, en orden de importancia:

- **Formaldehído.** La carbonización del metanol se ha convertido en el proceso elegido para la producción de este producto básico para la industria química orgánica, que se utiliza en la manufacturas de fibras de acetato, anhídrido acético, ácido tereftálico y para la fermentación.
- **Éter metil tert-butílico (MTBE).** MTBE ha sido usado como un aditivo de oxígeno para la gasolina. La producción de MTBE en los Estados Unidos ha aumentado debido a los requisitos de la década de 1990, “la Ley de Aire Limpio de enmiendas”, y ha superado el formaldehído como el mayor consumidor doméstico de metanol. Las proyecciones para este uso de metanol son difíciles de calcular debido a las consideraciones

políticas y ambientales variables que promueven el uso de combustibles menos contaminantes para los motores.

- **Ácido acético.** La carbonilación del metanol se ha convertido en el proceso de elección para la producción de este producto básico de la industria química orgánica, que se utiliza en la fabricación de fibras de acetato, anhídrido acético, ácido tereftálico y para la fermentación.
- **Otros.** El empleo de metanol en la producción de formaldehído, MTBE, y el ácido acético representa aproximadamente las dos terceras partes de la demanda mundial del metanol. El metanol se utiliza como materia prima para otras sustancias químicas, como el dimetil tereftalato (DMT), metacrilato de metilo, metilaminas, y haluros de metilo. El interés en la producción de dimetil éter a partir de metanol está creciendo como resultado de su uso como sustituto de los clorofluorocarbonos para su uso como propulsor de aerosoles. El metanol también se utiliza como disolvente, como anticongelante en los oleoductos, y en los lodos de perforación en campos petroleros. Algunas aplicaciones del metanol como combustible directo no se han desarrollado como se esperaba. Se utiliza en pequeñas cantidades en California y otros lugares, principalmente para la operación de la flota de vehículos. El uso a gran escala del metanol como combustible directo, no se había previsto hasta el año 2000. El metanol sigue siendo utilizado en la producción de gasolina a través del proceso metanol-a-gasolina Mobil (MTG) en Nueva Zelanda. Una variante de este proceso también ha sido propuesto para producir olefinas a partir de metanol.

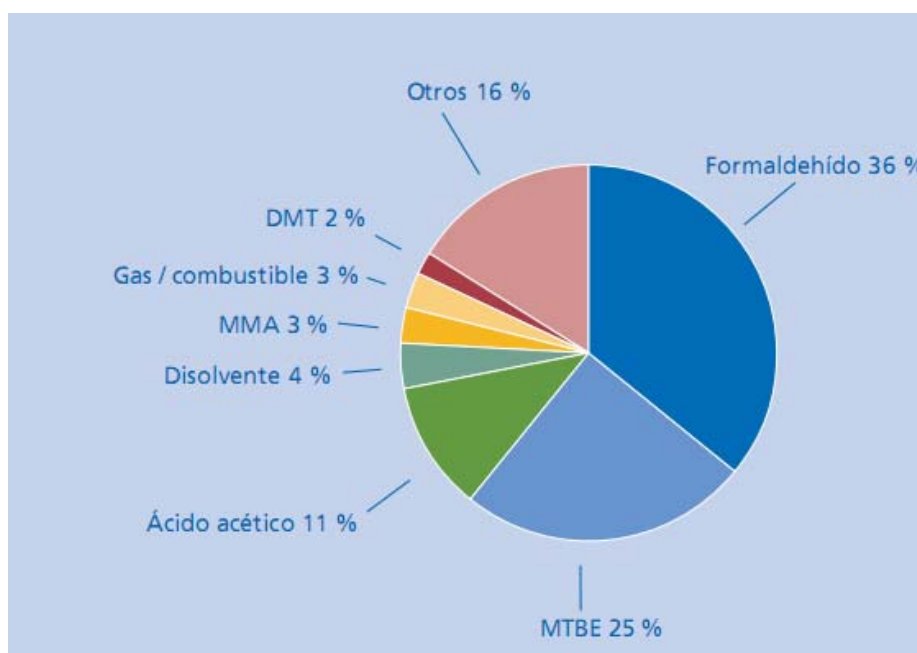


Figura 1.3.- Principales usos del metanol

7.2. USOS FUTUROS

Los usos más recientes para el metanol se pueden encontrar en el sector agrícola. Se están empezando a realizar estudios que se llevan a cabo cuando el metanol se pulveriza directamente en los cultivos para mejorar el crecimiento de la planta. El metanol puede utilizarse como fuente de carbono para la producción de una proteína unicelular (SCP) para su uso como suplemento de la alimentación animal. El proceso se ha demostrado comercialmente por ICI en su Billingham, Reino Unido. Sin embargo, la producción de SCP no es comercialmente práctica en este momento, en comparación con otras fuentes de proteína convencionales.

La desnitrificación de aguas residuales en plantas de tratamiento ofrece otro uso potencial para el metanol. Hay pocas plantas como estas en el mundo, sin embargo, este uso no se espera que crezca considerablemente, ya que hay métodos más probados para la eliminación de nitrógeno disponible en el comercio.

7.3. PRODUCCIÓN

El metanol ocupa el puesto 20 en el ranking de productos químicos más fabricados con una producción mundial anual de 34.4 MM Tn/año (2005).

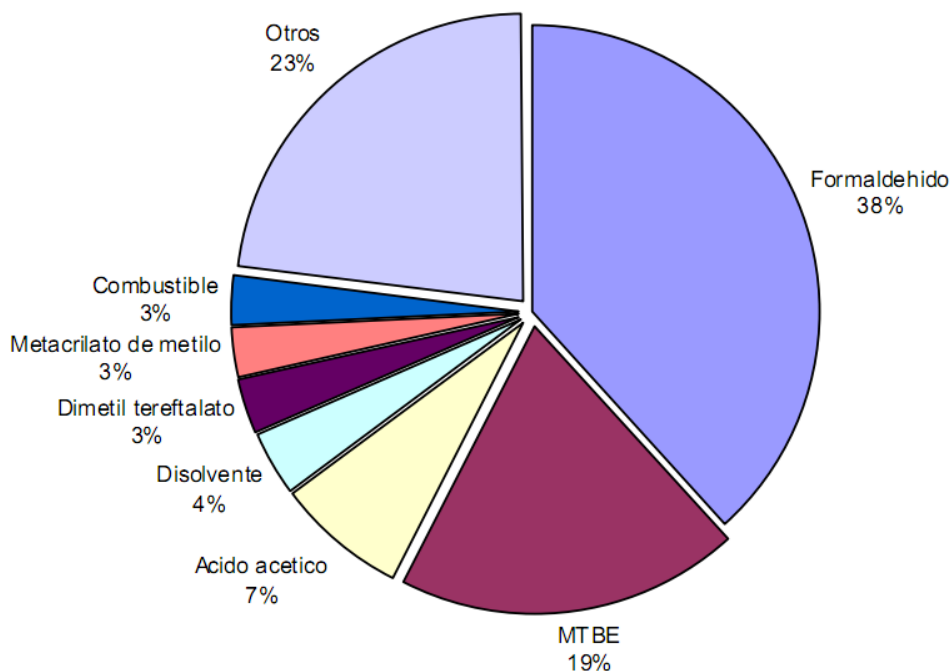


Figura 1.4.- Producción mundial de metanol 2005

En los últimos años, las instalaciones en los Estados Unidos y Canadá han optado por cesar operaciones que disminuyeron sus capacidades conjuntas hasta una cantidad aproximada de 1.8 mil millones de galones en 2002. La tabla 1.3 muestra estos productores y sus capacidades individuales. Los resultados esperados debían mantener el mercado bien equilibrado hasta 2003. Sin embargo, en 2004, los crecientes precios del metanol y una firme demanda de metanol elevó el precio de éste hasta 0.91\$/galón superando así su máximo histórico de 0.81\$/galón. La oferta y la demanda fue bastante ajustada durante el año 2004. Los altos precios animaron a productores americanos para ejecutar en niveles récord. El suministro de metanol se espera que continúe siendo difícil. China está produciendo cantidades récord de metanol pero su producción puede disminuir si los precios caen.

Productor	Capacidad $\times 10^6$ gal
Air products Pensacol, Fla.	60
Beaumont Methanol , Beaumont, Tex.	280
Celanese, Bishop, Tex.	175
Clear Lake Methanol, Clear Lake, Tex	200
Coastal Chem, Cheyenne, Wyo.	25
Eastman Chemical, Kingsport, Tenn	70
Lyondell, Channelview, Tex	250
Millennium Petrochemicals, LaPorte, Tex.	210
Motiva Enterprises , Delaware City, Del.	100
Total U.S	1370
Celanese Canada, Edmonton, Alberta	255
Methanex, Kitimat, British Columbla	170
Total Canada	425
TOTAL	1795

Tabla 1.3.- Producción de metanol de EE.UU y Canadá

El mejor derivado del metanol ha sido el metil- tert- butileter (MTBE). En 2002, representaba el 37% del uso del metanol. Esto fue funcionando mejor de lo esperado desde la prohibición de su uso en California como gasolina oxigenada, lo cual no fue puesto en práctica de forma plena. El retraso en California ha reducido la marcha de proyectos similares en otros estados. Por tanto, se espera un crecimiento negativo de 1.28%/año sin la fase de MTBE y de un 2.3%/año sin retirar la fase de MTBE.

8. SEGURIDAD

8.1. CONTROLES EN INGENIERÍA

Cuando sea posible, se debe bombear el metanol líquido contenido en bidones u otro tipo de contenedores para reducir al mínimo el potencial de exposición. El metanol debe mantenerse siempre dentro de sistemas cerrados que no estén nunca abiertos a la atmosfera.

8.2. VENTILACIÓN

El sistema de ventilación del edificio deberá suministrar aire fresco para un funcionamiento normal y debe tener en consideración la posibilidad de una fuga. En algunos casos, la ventilación natural puede ser adecuada. De lo contrario, los sistemas de ventilación mecánica deben ser instalados. Los requisitos de ventilación debe ser determinad según una base específica del lugar, pero el objetivo final es garantizar que las concentraciones de metanol en el aire no alcancen o sobrepasen los 200 ppm.

El tipo de ventilación dependerá de factores tales como espacios de aire muerto, la temperatura del proceso de metanol, las corrientes de convención, y la dirección del viento, y debe considerarse al determinar la ubicación de equipos, tipo y capacidad.

8.3. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI's)

La exposición al metanol puede tener lugar por inhalación, absorción por la piel, el contacto con los ojos, o la ingestión, siempre que el metanol sea utilizado o manipulado. El nivel de riesgo de exposición al metanol determinará el nivel apropiado del equipo de protección personal necesario. Como mínimo, se recomiendan gafas de seguridad con protectores laterales o gafas de seguridad y guantes de trabajo adecuados. Dependiendo de la situación, otros equipos de protección personal pueden ser necesarios.

- Protección respiratoria: La Protección respiratoria deberá ser seleccionado en base a los riesgos presentes y la probabilidad de exposición potencial. Los respiradores purificadores con cartuchos de vapor orgánico no son equipos apropiados contra los vapores del metanol debido a la corta vida útil de dichos cartuchos. Además, el umbral de olor de metanol puede variar entre 100 y 1500 ppm, por lo que el cartucho de vapor orgánico no puede proporcionar una

advertencia adecuada de cuando se produce la penetración de los vapores de metanol y el respirador ya no proporciona protección contra la exposición metanol. El uso de un respirador con suministro de aire con una máscara completa, operado en una demanda u otra modalidad de presión positiva es la protección respiratoria que se recomienda. La evaluación del tipo apropiado de respirador también debe tener en cuenta la necesidad de protección para los ojos. La prueba de ajuste y los programas de conservación periódica de los equipos respiratorios son necesarios cuando el uso de protección respiratoria es requerida para una tarea de trabajo específica. La siguiente tabla es una guía para saber si se requiere protección respiratoria o no, y si se conoce la concentración de metanol en aire.

Concentración de metanol en aire	Protección respiratoria
< 200 ppm	No requiere protección
200-250 ppm	Requiere protección si se supera el tiempo diario de exposición promedio ponderado
> 250 ppm	Se debe usar un sistema con suministro de aire

Tabla 1.4.- Guía protección respiratoria

- Ropa/Materiales químicos resistentes: La ropa/materiales químicos resistentes deben ser usados en caso de reincidencia o prolongado contacto de la piel con metanol. Estos pueden incluir botas de goma, guantes resistentes y ropa impermeable. Usar gafas de protección cuando existe un riesgo para el contacto visual con metanol, incluyendo el vapor.

Bajo riesgo de vapor / Bajo riesgo de salpicaduras	Alto riesgo de vapor / Bajo riesgo de salpicaduras	Alto riesgo de vapor / Alto riesgo de salpicaduras
Ropa ignífuga	Equipamiento completo	Equipamiento completo
Guantes	Guantes goma resistentes a productos químicos	Guantes goma resistentes a productos químicos
Gafas seguridad con protección lateral	Respirador cara completa	Aparato respiración de aire comprimido
Botas goma resistentes A productos químicos	Botas goma resistentes A productos químicos	Botas goma resistentes a productos químicos

Tabla 1.5 Selección de equipos de protección personal

8.4. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

8.4.1. Operaciones rutinarias

La siguiente lista menciona una serie de recomendaciones de medidas de seguridad a tomar:

- Prohibido fumar.
- Acceso de vehículos debe ser controlado.
- La ventilación debe ser suficiente para hacer frente a los niveles máximos de vapor.
- Los equipos eléctricos deben ser a prueba de explosiones para cumplir con los requisitos del código eléctrico nacional.
- Las rejillas de ventilación del tanque de almacenamiento a la atmosfera deben ser de un tamaño para la liberación de vapor en caso de emergencia.
- Los extintores de polvo químico seco deben estar accesibles para los pequeños incendios.
- Las bocas de riego deberían ser colocadas estratégicamente con mangueras adecuadas.

- Los derrames pequeños deben ser remediados con arena, tierra u otros combustibles con material absorbente, y la zona luego enjuagarse con agua. Derrames más grandes, se deben diluir con agua para su posterior eliminación.
- La iluminación debe estar conectada a tierra. Las estructuras deben estar equipados con pararrayos que deben estar conectados de forma segura a tierra.

8.4.2. Operaciones especiales o de alto riesgo

- Entrada a espacios confinados

Muchos lugares de trabajo contienen espacios que están "confinados", porque obstaculizan las actividades de los trabajadores que deben entrar, trabajar, y salir de ellos. Un espacio confinado tiene medios limitados o restringidos para la entrada o salida, y no está diseñado para la ocupación continua de los trabajadores. Ejemplos de espacios confinados incluyen, bóvedas subterráneas, cisternas, depósitos de almacenamiento, pozos, silos, recipientes de procesos, y los oleoductos. Además, los espacios limitados a menudo contienen una atmósfera que es deficiente de oxígeno o tóxica, por lo tanto, requieren ser clasificados como "requerido por permiso" para su entrada. Los procedimientos de entrada en espacios confinados deben cumplir con todas las leyes federales, códigos y reglamentos locales. Además de la posibilidad de una atmósfera pobre en oxígeno, la acumulación de vapores de metanol en espacios confinados, puede conducir a la explosión en caso de ser encendida. El límite inferior de explosividad (LEL) de metanol es del 6% (60000 ppm) en volumen y el límite explosivo superior (UEL) es del 36% (360.000 ppm) en volumen. El LEL y UEL de metanol corresponden a un rango de temperatura de 54 °F a 106 °F (12 °C a 41 °C). En este rango de temperatura, el metanol se quema.

- Trabajo con riesgo de incendio

El metanol es altamente inflamable. Definida por la NFPA y la OSHA como un líquido inflamable clase 1B o por las Naciones Unidas como un líquido inflamable (Peligroso Clase 3), libera vapores a la temperatura ambiente o por debajo de la misma. Cuando se mezcla con el aire, el metanol puede quemarse. Los vapores de metanol son ligeramente más pesados que el aire y pueden viajar distancias cortas (yardas o metros) por el suelo antes del alcance de un punto de ignición. La liberación turbulenta promueve la mezcla rápida con el aire; Una liberación no turbulenta retrasa su mezcla con el aire. El peso específico de vapor de mezclado es de 1.1 en comparación con el aire a 1.0. De metanol puro tiene un bajo punto de inflamación de 54 ° F (12 ° C) y una amplia gama de inflamabilidad (6-37% vol). La energía mínima de ignición (EMI) para el metanol en el aire es de 0,14 mJ en comparación con el 0,2 MJ de la gasolina y 0,017 para el hidrógeno.

8.5. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Los primeros auxilios son el tratamiento inmediato dado de forma temporal a un individuo expuesto antes de que los servicios o las recomendaciones de un profesional médico sean obtenidos. Una rápida acción es esencial. Si es necesario, la asistencia médica debe obtenerse tan pronto como sea posible.

- *Inhalación:* En caso de la inhalación de vapores de metanol, primero retirar al individuo al aire fresco mantenerlo en reposo.
- *Contacto con la piel:* En caso de contacto con la piel, inmediatamente utilizar un lavaojos de emergencia o ducha de seguridad, y lavar la zona expuesta con abundante agua tibia por lo menos durante 15 minutos. La

ropa contaminada y los zapatos deben ser retirados bajo la ducha. Lave la zona con jabón y agua.

- *Contacto con los ojos:* En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente los ojos con abundante agua tibia al menos durante 15 minutos. Obtener atención médica.
- *Ingestión accidental:* La ingestión de metanol puede ser potencialmente mortal. El inicio de los síntomas puede retrasarse de 18 a 24 horas después de la ingestión. No inducir el vómito. Obtener atención médica inmediatamente. El individuo debe permanecer bajo vigilancia médica y en observación durante varios días. El tratamiento de la intoxicación por metanol está bien establecido: El álcali es administrado para combatir la acumulación de formiato en la sangre. El etanol es administrado porque el etanol compite con el metanol por la enzima que metaboliza el metanol a formiato. Cuando el etanol y el metanol están a la vez presentes, la enzima metaboliza preferentemente etanol. La diálisis se utiliza para mejorar la eliminación de metanol y de sus productos tóxicos de la sangre. Un antídoto (en forma de una inyección) también está disponible para el tratamiento de la intoxicación por metanol.

9. BIBLIOGRAFÍA

HENLEY E.J., SEADER J.D. Operaciones de Separación por Etapas de Equilibrio en Ingeniería Química. Barcelona: Reverté, 1988.

PERRY, ROBERT H. y CHILTON, CECIL "Manual del Ingeniero Químico" V Edición, Mc Graw Hill México 1982.

BRANAN, CARL "Rules of Thumb for Chemical Engineers", IV Edición, Gulf Professional Publishing. Houston, 2002.

TURTON R., BAILIER.C., WHITTING W.B., SHAEWITZ A. Analysis, Synthesis, and Design f Chemical Processes. New York: Pretince-Hall, 2001.

WALAS, STANLEY M., "Chemical Process Equipment, Selection and Design" Butterworth-Heinemann, 1990.